

LUDWIG-
MAXIMILIANS-
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

Abstract einer Präsentation auf der 50. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik, 18. – 21. September 2019, Stuttgart. Erschienen in: Christian Gromoll und Nils Wegner (eds.), *50. Jahrestagung Deutsche Gesellschaft für Medizinische Physik - Abstractband*. Deutsche Gesellschaft für Medizinische Physik, Stuttgart. ISBN 978-3-948023-08-9

Optimierung und Performance Evaluierung eines Protonen Computertomographie Systems für präklinische Bildgebung

S. Meyer¹, J. Bortfeldt^{1,2}, P. Lämmer¹, F. Englbrecht¹, K. Schnürle¹, M. Würfl¹, und K. Parodi¹

¹ Ludwig-Maximilians-Universität München, Lehrstuhl für Medizinische Physik, München, Deutschland

² European Organization for Nuclear Research (CERN), Genf, Schweiz

Einleitung

An unserem Institut wird eine Plattform zur bildgeführten Protonen-Bestrahlung von Kleintieren entwickelt, welche Einzelteilchen Protonen Computertomographie (pCT) zur Bildgebung für die Bestrahlungsplanung nutzt. pCT ermöglicht eine Verringerung der Reichweitenunsicherheiten aufgrund der semi-empirischen Umrechnung von Röntgenstrahlen-basierten CT-Werten in relatives Bremsvermögen (RSP) in der Partikeltherapie.

Material & Methoden

Wir berichten über die Entwicklung und experimentelle Untersuchung eines pCT Detektors zur präklinischen Bildgebung bei Kleintieren. Das System beruht auf mikrostrukturierten Gasdetektoren des Micromegas Typs als Spurdetektoren und einer Zeitprojektionskammer mit Micromegas Auslesestruktur, welche Polymid-Absorber enthält und als Reichweitenteleskop fungiert. Die Detektorgeometrie wurde mittels FLUKA Monte-Carlo Simulationen optimiert, welche eine detaillierte Implementierung des Detektorsystems und Protonenstrahlen mit klinischen Eigenschaften beinhaltet, um eine Bildrekonstruktion nahe am physikalischen Limit zu ermöglichen. Zusätzlich wurde die erreichte Bildqualität bezüglich des räumlichen Auflösungsvermögens und der RSP-Genauigkeit anhand von speziellen Phantomen und präklinischen Daten quantitativ untersucht.

Ergebnisse

Experimente mit einem Prototyp an einem Tandembeschleuniger mit 22MeV Protonen haben die generelle Machbarkeit des vorgesehenen Detektorsystems demonstriert (Abb.1). Bei einer entsprechenden Anpassung der elektrischen Konfiguration der feldformenden Absorber, wurde eine Teilchendetektionseffizienz von über 98% für Driftstecken von bis zu 5cm erreicht. Monte-Carlo Simulationen des optimierten Detektor Systems ergaben eine mittlere Genauigkeit bei der Bestimmung der einzelnen Protonentrajektorien von besser als 0.4mm. Dies entspricht einem räumlichen Auflösungsvermögen von rund 0.2mm. 0.5mm dicke Polyimid-Absorber ermöglichen eine Reichweitengenauigkeit nahe am *intrinsic* Limit der Reichweitenunschärfe. Damit wurde für die meisten untersuchten *gewebe-äquivalenten* Materialien eine RSP-Genauigkeit von unter 1% erreicht (Abb.2). Dies erlaubt eine gute Bildqualität selbst für heterogene präklinische Daten.

Zusammenfassung

Wir entwickeln ein kostengünstiges pCT System zur akkuraten Bildgebung für präklinische Forschung. Das Gesamtsystem wurde in detaillierten Simulationen optimiert. In weiterführenden Untersuchungen wird die ermöglichte dosimetrische Genauigkeit in der Bestrahlungsplanung für Kleintier-Protonentherapie untersucht und mit den derzeit angewandten klinischen Standards verglichen.

Unterstützt durch ERC Förderung 725539.

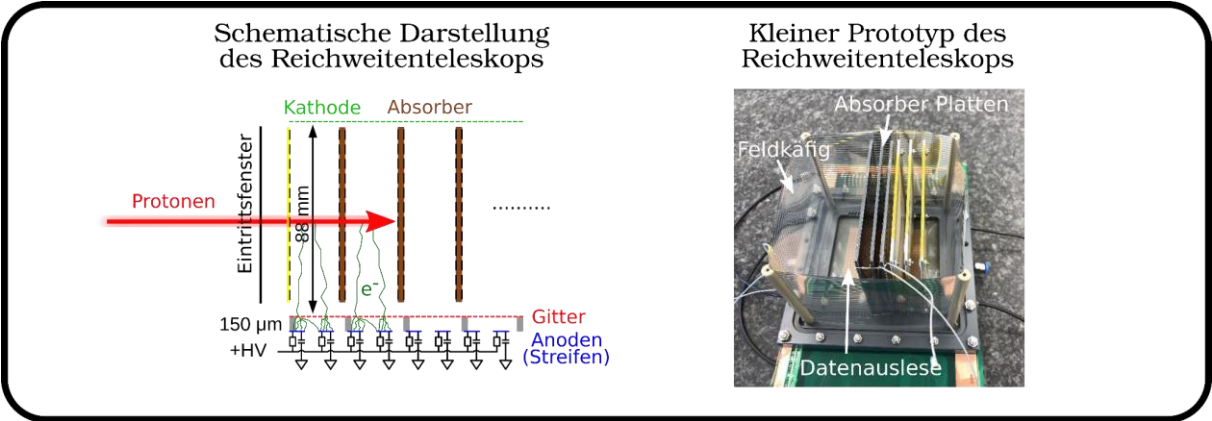


Abb.1: Prototyp der Zeitprojektionskammer

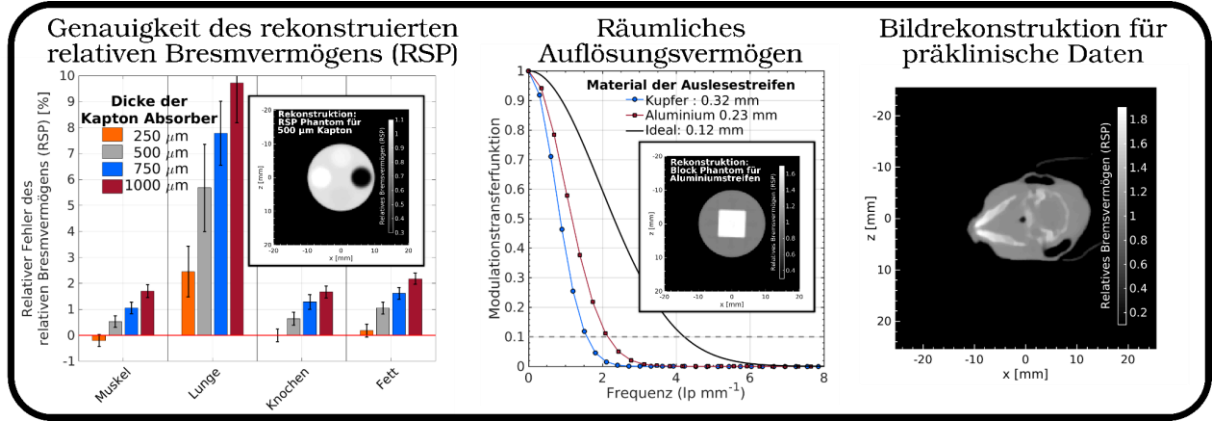


Abb.2: Evaluierung der Bildqualität